

?s pn=jp 7230555
S2 1 PN=JP 7230555
?t s2/5

2/5/1

DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2005 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04937955 **Image available**
MIP MAP IMAGE GENERATING DEVICE/METHOD

PUB. NO.: 07-230555 [*JP 7230555* A]
PUBLISHED: August 29, 1995 (19950829)
INVENTOR(s): WAKAYAMA NOBUHIKO
APPLICANT(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [000582] (A Japanese Company
or Corporation), JP (Japan)
APPL. NO.: 06-314652 [JP 94314652]
FILED: December 19, 1994 (19941219)
INTL CLASS: [6] G06T-015/00; G06T-005/20
JAPIO CLASS: 45.9 (INFORMATION PROCESSING -- Other)

ABSTRACT

PURPOSE: To provide MIP map image generating device/method which does not produce the return noises to the generated MIP map image with small capacity of a storage medium needed for storing an original texture image.

CONSTITUTION: In this MIP map image generating device, an original texture image stored in a storage medium 5 undergo the space conversion at a discrete cosine converting part and is turned into the space frequency image data. A polygon calculating part 6 calculates the size of a polygon and also calculates the image resolution ratio of the texture to be pasted. A space LPF 7 filters the space frequency image data in the cut-off frequency corresponding to the image resolution of the texture. Then the filtered image data are reduced into a MIP map image of a prescribed size after the adverse space conversion.

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-230555

(43) 公開日 平成7年(1995)8月29日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 15/00 5/20		9365-5L	G 0 6 F 15/ 72 15/ 68	4 5 0 A 4 0 0 A
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)				

(21) 出願番号 特願平6-314652

(22) 出願日 平成6年(1994)12月19日

(31) 優先権主張番号 特願平5-325084

(32) 優先日 平5(1993)12月22日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 若山 順彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

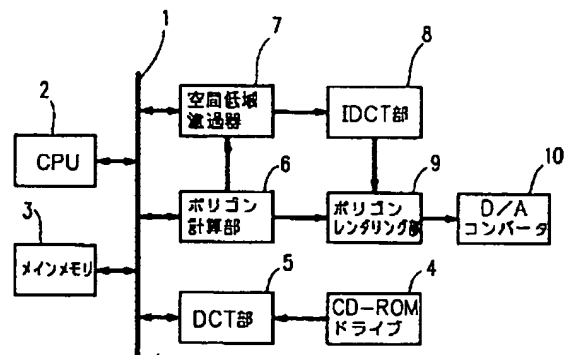
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 ミップマップ画像生成装置および生成方法

(57) 【要約】

【目的】 原テクスチャ画像を記憶するのに必要とされる記憶媒体の容量が小さく、生成されたミップマップ画像に、折り返しノイズが生じないミップマップ画像生成装置および生成方法を提供すること。

【構成】 本発明のミップマップ画像生成装置によれば、記憶媒体に記憶された原テクスチャ画像は、離散コサイン変換部において空間変換されて、空間周波数画像データになる。ポリゴン計算部は、ポリゴンの大きさを計算し、貼り付けるべきテクスチャの解像度比を計算する。空間低域濾過器は、テクスチャの解像度比に対応したカットオフ周波数において、空間周波数画像データを低域濾過する。濾過された空間周波数画像データは、逆空間変換された後、所定の大きさのミップマップ画像に縮小される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 テクスチャの原画像を受け取り、該テクスチャを貼り付けるポリゴンの大きさにしたがって原画像を縮小することによりミップマップ画像を生成する装置であって、

原画像を受け取り、該原画像を分割することによって画像ブロックを生成する画像分割手段と、

空間領域におけるそれぞれの該画像ブロックを、空間周波数領域における空間周波数画像データブロックに変換する空間変換手段と、

該空間周波数画像データブロックを蓄積する画像蓄積手段と、

ディスプレイに表示されるポリゴンの大きさを計算し、該ポリゴンの大きさに対応する解像度を計算するミップマップ解像度計算手段と、

該ミップマップ解像度計算手段によって得られた該解像度に対応した所定の周波数より高い周波数成分を、該空間周波数画像データブロックから除去することにより、濾過された空間周波数画像データブロックを生成する低域濾過手段と、

該濾過された空間周波数画像データブロックを受け取り、空間領域における濾過された画像ブロックに変換する逆空間変換手段と、を備えたミップマップ画像生成装置。

【請求項2】 前記空間変換手段は、離散コサイン変換によって、それぞれの前記画像ブロックを前記空間周波数画像データブロックに変換し、

前記逆空間変換手段は、逆離散コサイン変換によって、濾過された空間周波数画像データブロックを濾過された画像ブロックに変換する、請求項1に記載のミップマップ画像生成装置。

【請求項3】 前記画像分割手段は、前記テクスチャ画像を、縦・横の画素数がともに2のべき乗である画像ブロックに分割する、請求項1に記載のミップマップ画像生成装置。

【請求項4】 ポリゴンにマッピングするためのテクスチャ画像を受け取り、該画像を分割することによって画像ブロックを生成する画像分割手段と、

空間領域におけるそれぞれの該画像ブロックを、空間周波数領域における空間周波数画像データブロックに変換する空間変換手段と、

該空間周波数画像データブロックを可逆圧縮し、圧縮された空間周波数画像データブロックを生成するデータ圧縮手段と、

該圧縮された空間周波数画像データブロックを蓄積するテクスチャ画像蓄積手段と、

該テクスチャ画像蓄積手段に蓄積された該圧縮された空間周波数画像データブロックを伸長し、空間周波数画像データブロックを生成するデータ伸長手段と、

ディスプレイに表示される該ポリゴンの大きさを計算

し、該ポリゴンの該大きさに対応するテクスチャ解像度を計算するミップマップ解像度計算手段と、

該ミップマップ解像度計算手段によって得られた該テクスチャ解像度に対応した所定の周波数より高い周波数成分を、該空間周波数画像データブロックから除去することにより、濾過された空間周波数画像データブロックを生成する低域濾過手段と、

該濾過された空間周波数画像データブロックを受け取り、空間領域における濾過された画像ブロックに変換する逆空間変換手段と、を備えたミップマップ画像生成装置。

【請求項5】 2次元画像を表現する原画像データを受け取り、該2次元画像とは異なる大きさの画像を表現する変換画像データを出力するミップマップ画像生成装置であって、

空間領域における該原画像データを受け取り、空間周波数領域における空間周波数画像データに変換して出力する空間変換手段と、

空間周波数領域における該空間周波数画像データを受け取り、所定の周波数より高い周波数成分を除去して、濾過された空間周波数画像データを出力する低域濾過手段と、

空間周波数領域における該濾過された空間周波数画像データを受け取り、空間領域における変換画像データを出力する逆空間変換手段と、を備えたミップマップ画像生成装置。

【請求項6】 2次元画像を表現する原画像データを受け取り、該2次元画像とは異なる大きさの画像を表現する変換画像データを出力するミップマップ画像生成方法であって、

空間領域における該原画像データを受け取り、空間周波数領域における空間周波数画像データに変換する空間変換ステップと、

空間周波数領域における該空間周波数画像データを受け取り、所定の周波数より高い周波数成分を除去して、濾過された空間周波数画像データを出力する低域濾過ステップと、

空間周波数領域における該濾過された空間周波数画像データを受け取り、空間領域における変換画像データに変換する逆空間変換ステップと、を包含している方法。

【請求項7】 前記空間変換ステップと前記逆空間変換ステップとの間に、

前記空間周波数画像データを圧縮するデータ圧縮ステップと、

該圧縮された空間周波数画像データを記憶するデータ記憶ステップと、

該記憶された、圧縮空間周波数画像データを伸長して空間周波数画像データを得るデータ伸長ステップと、を実行する請求項6に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、画像生成装置および画像生成方法に関し、特に、3次元コンピュータグラフィックスにおける表示物体表面のテクスチャ画像（ミップマップ画像）の生成装置および生成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、コンピュータグラフィックス技術において、よりリアリティをだすために、ディスプレイで表示される物体の表面にテクスチャ（模様）を付けるテクスチャマッピング技術の研究が盛んに行われている。以下、図面を参照しながら、従来のテクスチャマッピング画像生成装置の一例を説明する。

【0003】3次元コンピュータグラフィックスにおいては、「ワールド座標」とよばれる3次元座標系によって定義された立体を、2次元座標系である「ディスプレイ座標」上に座標変換することが必要となる。「ディスプレイ座標」は、ディスプレイのもつ縦、横それぞれの画素数を最大値とする、整数値の組によって表現することができる。例えば、ディスプレイが縦640個、横480個の画素をもつとすると、ディスプレイ座標（x, y）は、xとして1から640までの整数値、yとして1から480までの整数値をとりうる。

【0004】3次元空間において、立体を表現するときの最小の単位は、「ポリゴン」とよばれる多面体である。ワールド座標における、ポリゴンと視点（view point）との距離を、単に「ポリゴンの距離」とよぶ。ポリゴンの距離と視角（view angle）とから、ディスプレイ上でポリゴンが実際に表示される大きさが決まる。このディスプレイ上でのポリゴンの大きさを、単に「ポリゴンの大きさ」とよぶ。例えば、ポリゴンの距離が小さいか、または視角が小さければ、ポリゴンの大きさは他の場合に比べて大きくなる。逆にポリゴンの距離が大きいか、または視角が大きければ、ポリゴンの大きさは他の場合に比べて小さくなる。

【0005】ポリゴンを表示する際には、グラフィックスをよりリアリスティックにするために、ポリゴン表面にテクスチャを付けるテクスチャマッピングが必要となる。自然な表示のためには、ポリゴンの大小に応じて、テクスチャのパターンの粗密も変化することが必要である。ディスプレイ上のテクスチャのパターンの粗密を「テクスチャの大きさ」とよぶことにする。テクスチャの大きさは、ポリゴンの大きさに比例することが必要である。このため、ポリゴンの大きさに対応した多種類のテクスチャの大きさを有するテクスチャパターンを予め生成しておき、必要に応じてそれをポリゴンにマッピングする技術、すなわちミップマップ（multum in parvo, many things in a small place）テクスチャマッピング手法が、従来から用いられている。

【0006】図12を参照して、従来のテクスチャマッ

ピング画像生成装置の構成を説明する。テクスチャサイズ計算装置90は、ポリゴンの大きさに対応したテクスチャパターンの適切な大きさを計算する。ミップマップ画像生成装置91は、テクスチャの大きさが異なる多種類のミップマップを生成する。ミップマップ画像記憶装置92は、ミップマップ画像生成装置91で生成されたミップマップ画像を記憶する。ミップマップ画像記憶装置92は、テクスチャサイズ計算装置90によって得られたテクスチャの大きさに関する情報を受け取り、テクスチャの大きさに対応する記憶されたミップマップ画像を出力する。

【0007】図13を参照して、ミップマップ画像を説明する。原テクスチャ画像95は、縦8画素、横8画素で構成されており、ミップマップ画像96は、縦4画素、横4画素で構成されている。ここで「解像度」とは、あるテクスチャを構成する縦横の画素の個数の組をいうことにする。したがって画素の個数が多いほど、「解像度が高い」といえる。ミップマップ画像96は、原テクスチャ画像95に比べると、縦方向、横方向ともに1/2の解像度をもっている。原テクスチャ画像の解像度に対するミップマップ画像の解像度の比を「解像度比」とよぶことにする。原テクスチャ画像95およびミップマップ画像96の解像度比は、縦方向、横方向ともに1/2である。

【0008】再び図12を参照して、従来のテクスチャ画像生成装置の動作を説明する。図13に示される原テクスチャ画像95は、いったんミップマップ画像記憶装置92に記憶される。次にミップマップ画像生成装置91は、原テクスチャ画像95を、ミップマップ画像記憶装置92から受け取る。ミップマップ画像生成装置91は、原テクスチャ画像95から、多種類の解像度をもつミップマップ画像を生成し、ミップマップ画像記憶装置92に出力する。ミップマップ画像記憶装置92は、生成されたミップマップ画像を記憶する。例えば図12に示されるように、縦8画素、横8画素の原テクスチャ画像から、縦4画素、横4画素のミップマップ画像を生成するには、原テクスチャ画像を縦2画素、横2画素のブロックに分割し、分割されたブロックのうちの1画素のデータを、ミップマップ画像の1画素として出力すればよい。

【0009】ミップマップ解像度計算装置90は、表示されるポリゴンの大きさに対応したミップマップ画像の解像度を計算する。さらにミップマップ解像度計算装置は、このミップマップ画像の解像度の、原テクスチャ画像の解像度に対する比、すなわち上述の解像度比を求め、この解像度比の情報をミップマップ画像記憶装置92に与える。例えば図12の場合は、解像度比が1/2であるという情報が、ミップマップ画像記憶装置92に与えられる。

【0010】ミップマップ画像記憶装置92は、あらかじめ記憶されたミップマップ画像の中から、例えば解像度比が1/2に対応するミップマップ画像を選択的に出力する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来技術においては、次に示す問題があった。すなわち、あらかじめ生成された多種類の解像度をもつミップマップ画像を記憶するために、ミップマップ画像記憶装置として、大容量のデータ記憶装置が必要となるという問題点があった。しかもテクスチャのパターン自体の種類が多い場合には、さらに大きい記憶容量が要求される。

【0012】また、一般にミップマップを貼り付ける面の法線は、視線の方向と一致しない。したがって、ミップマップの縦横の長さの比が、原画像の縦横の長さの比と一致しないことがある。これは、ミップマップ画像として縦長または横長のテクスチャパターンを用意しなければならないことを意味する。したがって、この理由によっても、必要とされるデータ記憶容量は増大する。

【0013】本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、原テクスチャ画像だけを記憶しておき、必要な解像度のテクスチャをリアルタイムで生成することができ、かつ縦横比率も任意のテクスチャを作成することのできるミップマップ画像生成装置およびミップマップ画像生成方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明によるミップマップ画像生成装置は、テクスチャの原画像を受け取り、該テクスチャを貼り付けるポリゴンの大きさにしたがって原画像を縮小することによりミップマップ画像を生成する装置であって、原画像を受け取り、該原画像を分割することによって画像ブロックを生成する画像分割手段と、空間領域におけるそれぞれの該画像ブロックを、空間周波数領域における空間周波数画像データブロックに変換する空間変換手段と、該空間周波数画像データブロックを蓄積する画像蓄積手段と、ディスプレイに表示されるポリゴンの大きさを計算し、該ポリゴンの大きさに対応する解像度を計算するミップマップ解像度計算手段と、該ミップマップ解像度計算手段によって得られた該解像度に対応した所定の周波数より高い周波数成分を、該空間周波数画像データブロックから除去することにより、濾過された空間周波数画像データブロックを生成する低域濾過手段と、該濾過された空間周波数画像データブロックを受け取り、空間領域における濾過された画像ブロックに変換する逆空間変換手段と、を備えており、そのことにより上記目的が達成される。

【0015】ある実施例においては、前記空間変換手段は、離散コサイン変換によって、それぞれの前記画像ブロックを前記空間周波数画像データブロックに変換し、前記逆空間変換手段は、逆離散コサイン変換によって、濾過された空間周波数画像データブロックを濾過された画像ブロックに変換する。

【0016】ある実施例においては、前記画像分割手段は、前記テクスチャ画像を、縦・横の画素数がともに2のべき乗である画像ブロックに分割する。

【0017】本発明によるミップマップ画像生成装置は、ポリゴンにマッピングするためのテクスチャ画像を受け取り、該画像を分割することによって画像ブロックを生成する画像分割手段と、空間領域におけるそれぞれの該画像ブロックを、空間周波数領域における空間周波数画像データブロックに変換する空間変換手段と、該空間周波数画像データブロックを可逆圧縮し、圧縮された空間周波数画像データブロックを生成するデータ圧縮手段と、該圧縮された空間周波数画像データブロックを蓄積するテクスチャ画像蓄積手段と、該テクスチャ画像蓄積手段に蓄積された該圧縮された空間周波数画像データブロックを伸長し、空間周波数画像データブロックを生成するデータ伸長手段と、ディスプレイに表示される該ポリゴンの大きさを計算し、該ポリゴンの該大きさに対応するテクスチャ解像度を計算するミップマップ解像度計算手段と、該ミップマップ解像度計算手段によって得られた該テクスチャ解像度に対応した所定の周波数より高い周波数成分を、該空間周波数画像データブロックから除去することにより、濾過された空間周波数画像データブロックを生成する低域濾過手段と、該濾過された空間周波数画像データブロックを受け取り、空間領域における濾過された画像ブロックに変換する逆空間変換手段と、を備えており、そのことにより上記目的が達成される。

【0018】本発明によるミップマップ画像生成装置は、2次元画像を表現する原画像データを受け取り、該2次元画像とは異なる大きさの画像を表現する変換画像データを出力するミップマップ画像生成装置であって、空間領域における該原画像データを受け取り、空間周波数領域における空間周波数画像データに変換して出力する空間変換手段と、空間周波数領域における該空間周波数画像データを受け取り、所定の周波数より高い周波数成分を除去して、濾過された空間周波数画像データを出力する低域濾過手段と、空間周波数領域における該濾過された空間周波数画像データを受け取り、空間領域における変換画像データを出力する逆空間変換手段と、を備えており、そのことにより上記目的が達成される。

【0019】本発明によるミップマップ画像生成方法は、2次元画像を表現する原画像データを受け取り、該2次元画像とは異なる大きさの画像を表現する変換画像データを出力するミップマップ画像生成方法であって、空間領域における該原画像データを受け取り、空間周波数領域における空間周波数画像データに変換する空間変換ステップと、空間周波数領域における該空間周波数画像データを受け取り、所定の周波数より高い周波数成分を除去して、濾過された空間周波数画像データを出力する低域濾過ステップと、空間周波数領域における該濾過

された空間周波数画像データを受け取り、空間領域における変換画像データに変換する逆空間変換ステップと、を包含しており、そのことにより上記目的が達成される。

【0020】ある実施例においては、前記空間変換ステップと前記逆空間変換ステップとの間に、前記空間周波数画像データを圧縮するデータ圧縮ステップと、該圧縮された空間周波数画像データを記憶するデータ記憶ステップと、該記憶された、圧縮空間周波数画像データを伸長して空間周波数画像データを得るデータ伸長ステップと、を実行する。

【0021】

【作用】本発明のミップマップ画像生成装置およびミップマップ画像生成方法によれば、記憶媒体に記憶された空間領域における原テクスチャ画像は、空間変換されて、空間周波数領域における空間周波数画像データになる。離散コサイン変換に代表される空間変換は、画像を空間変換し、さらに逆空間変換することにより、もとの画像を復元できる。

【0022】空間周波数画像データは、ポリゴンの大きさに対応したカットオフ周波数を有する低域濾過器に入力される。原テクスチャ画像を小さいポリゴンにマッピングする場合は、大きいポリゴンにマッピングする場合に比較して、原画像が必要とする周波数成分は、低くてよい。原画像が必要以上に高い周波数成分をもつときは、折り返しノイズがミップマップ画像に発生する。

【0023】したがって空間周波数画像データは、空間周波数領域において、必要とされる周波数成分以外の高い周波数成分を除去するために濾過される。濾過された空間周波数画像データは、逆空間変換によって空間領域における画像に変換された後、所定の大きさのミップマップ画像に縮小される。

【0024】本発明のミップマップ画像生成装置およびミップマップ画像生成方法によれば、原画像を空間周波数領域に空間変換したデータのかたちで保持し、必要な解像度の画像を、空間周波数領域での低域濾過および空間領域への逆変換により生成することができる。そのため多種類の解像度のミップマップ画像データを大量に持つことなく、任意の縦横の解像度比を有するミップマップ画像データを得ることができる。

【0025】また空間周波数領域への変換として、離散コサイン変換を用い、逆変換として逆離散コサイン変換を用いることにより、高速にミップマップ画像データを得ることができる。

【0026】さらに原画像を画像ブロックに分割する際に、縦・横の画素数を2のべき乗とすることにより、空間周波数領域への変換に高速アルゴリズムを用いることができる。

【0027】空間変換された画像データを蓄積する前に、画像データを可逆圧縮し、蓄積した画像データを取

り出した後に、画像データを伸長することにより、CPUが取り扱うデータのサイズが小さくなる。またデータバスで授受する画像データのサイズが小さくなる。また画像データを蓄積するための記憶装置の記憶容量が、小さくて済む。

【0028】

【実施例】以下に、本発明によるミップマップ画像生成装置および方法を図面を参照しながら説明する。図面において、同一の番号は、同一の要素またはステップを示す。

【0029】本発明によるミップマップ画像生成装置は、図1に示されるように、データバス1、CPU（中央処理装置）2、メインメモリ3、CD-ROMドライブ4、離散コサイン変換部（以下、DCT部という）5、ポリゴン計算部6、空間低域濾過器7、逆離散コサイン変換部（以下、IDCT部という）8、ポリゴンレンダリング部9、およびディジタル／アナログコンバータ（以下、D/Aコンバータという）10を有する。以下に各部の動作を述べる。

【0030】データバス1は、CPU2、メインメモリ3、DCT部5、ポリゴン計算部6、および空間低域濾過器7の各機能ブロック間においてデータを転送するために設けられている。データバス1としては、高速処理を可能にするために、32ビットバスが使用され得るが、これに限られるものではない。

【0031】CPU2は、システム全体の管理を行い、各機能ブロックを制御する。またCPU2は、データバス1とメインメモリ3との間のデータのやりとりも制御する。

【0032】メインメモリ3には、DCT部5から出力された画像データが記憶される。メインメモリ3に記憶された画像データは、CPU2の命令に基づいて、空間低域濾過器7に出力される。メインメモリ3は、大容量のRAM（random access memory）を複数個用いたものが通常用いられる。メインメモリ3は、このような半導体装置に限られるものではなく、例えばハードディスクドライブおよび光磁気ディスクドライブなどの大容量記憶装置を用いてもよい。

【0033】CD-ROMドライブ4は、テクスチャの原画像のデータが記憶されたCD-ROM（不図示）から、データを読み出すための装置である。テクスチャの原画像としては、例えば縦256画素、横256画素で構成される正方形の画像を用いることができる。カラー画像のミップマップを生成するには、原画像のデータは、赤、緑、青の3色のデータを用意すればよい。テクスチャ原画像のデータを記憶しておく媒体としては、CD-ROMに限られるものではなく、大容量の半導体メモリ、ハードディスク、光磁気ディスクなども用いることができる。使用する媒体にしたがって、適切なデータ読み出し装置を用いればよい。

【0034】DCT部5は、CD-ROMドライブ4によってCD-ROMから読み出されたテクスチャの画像のデータを入力として受け取る。まず、テクスチャの画像を複数の画像ブロックに分割する。図2は、縦M画素、横N画素の画像41、および画像41を分割することによって得られる複数の縦n画素、横n画素の画像ブロック42を示す。本実施例においては、 $n=8$ の場合を想定しているが、 n の値は、他の値、例えば16などであってもよい。画像41が、画像ブロック42に分割された後、各画像ブロックに離散コサイン変換を施す。その結果、各画像ブロックは、空間周波数領域における空間周波数画像データブロックに変換される。ここで「画像ブロック」とは、原テクスチャ画像を例えば縦8画素、横8画素の単位で分割したデータの1単位をさす。

【0035】画像ブロックの大きさは、離散コサイン変換および逆離散コサイン変換の変換効率の点から、縦および横いずれも8～16画素の範囲から選ばれることが好ましい。しかし画像ブロックの大きさは、これに限定されない。離散コサイン変換装置および逆離散コサイン変換装置の規模が大きければ（処理能力が高ければ）、より大きなサイズの画像ブロックを取り扱うことも可能である。また縦・横の画素数が2のべき乗個の場合には、空間変換および逆空間変換に種々の高速変換アルゴリズムが利用できるので、ミップマップ画像を高速に生成することが可能となる。

【0036】DCT部5は、ハードウェア的に画像を処理することによって実現できる。例えば、DCT部5は、画像処理専用のDSP (digital signal processor) の機能ブロックの一部として実現できる。またカスタムメイドのASIC (application specific integrated circuit) による布線論理によっても実現できる。DCT部5の機能を、純粋にソフトウェアだけによって実現することもできる。この場合は、例えばCPU2およびメインメモリ3に記憶された離散コサイン変換演算プログラムを用いることができる。

【0037】ポリゴン計算部6は、3次元座標であるワールド座標上でのポリゴンの座標を、2次元座標であるディスプレイ座標上での座標に変換する。ポリゴン計算部6は、さらに、原テクスチャを、ディスプレイ上でのポリゴンの大きさに対応するテクスチャの大きさに縮小するための上述の「解像度比」を計算する。

【0038】図3(a)から図3(c)を用いて、ポリゴン計算部6で行う演算を説明する。図3(a)は、ワールド座標上でのポリゴンを構成する1四辺形を示し、図3(b)は、ディスプレイ座標上に変換されたワールド座標上での1四辺形を示す。いまワールド座標上での1四辺形を定義する4点の座標

$$(xw, yw, zw) = (xw0, yw0, zw0), \\ (xw1, yw1, zw1), (xw2, yw2, zw$$

$$2), (xw3, yw3, zw3)$$

が、座標変換された結果、ディスプレイ座標系での座標 $(xd, yd) = (xd0, yd0), (xd1, yd1), (xd2, yd2), (xd3, yd3)$

にそれぞれ変換されたとする。図3(c)は、原テクスチャ画像が縦64画素、横64画素で構成されることを示している。このときテクスチャ解像度比は、ディスプレイ座標での各辺の長さの、対応する原テクスチャ画像の辺の長さに対する比である。原テクスチャ画像の

$$(u, v) = (0, 0), (63, 0), (0, 63), (63, 63)$$

が、それぞれ、ワールド座標での四辺形の頂点

$$(xw, yw, zw) = (xd0, yd0), (xd1, yd1), (xd2, yd2), (xd3, yd3)$$

に移されるように、マッピングをおこなうと仮定する。するとx軸（横）方向およびy軸（縦）方向のテクスチャ解像度比は、それぞれ次式で与えられる。

$$Tx = \{(xd0 - xd1)^2 + (yd0 - yd1)^2\}^{0.5} / 64$$

$$Ty = \{(xd0 - xd2)^2 + (yd0 - yd2)^2\}^{0.5} / 64$$

このようにして得られたテクスチャ解像度比に基づき、空間低域濾過器7は、データブロックに含まれる周波数成分のうち、ある周波数より高い周波数成分を除去する。この周波数はカットオフ周波数とよばれる。例えば、テクスチャ解像度比 $Tx = Ty = 0.5$ のときと、 $Tx = Ty = 0.1$ のときとを比較してみる。 $Tx = Ty = 0.1$ のときは、 $Tx = Ty = 0.5$ のときに比べてポリゴンの大きさは小さい。したがって $Tx = Ty = 0.1$ のときのほうがカットオフ周波数は低くなければならない。ポリゴンが小さいにもかかわらず、原テクスチャが高い周波数成分を有する場合、折り返し雑音 (aliasing noise) によって、画質が劣化するからである。

【0040】IDCT部8は、濾過された空間周波数画像データブロックを受け取り、これに逆離散コサイン変換を施し、空間領域における濾過された画像ブロックを生成する。IDCT部8もDCT部5と同様に、ハードウェア的にも、ソフトウェア的にも実現することができる。

【0041】ポリゴンレンダリング部9は、IDCT部8によって生成された濾過された画像ブロックを受け取り、合成 (merge) することによって、濾過された画像を生成する。この濾過された画像は、CD-ROMドライブ4から読み込まれた画像データと同じサイズである。したがってポリゴンに貼り付けるテクスチャ画像を生成するために、この濾過された画像を縮小し、ミップマップ画像を生成する。画像を縮小する代表的な手法は、画素を「間引く」ことである。例えば、もとの画像

に対して縦、横それぞれ75%の大きさの画像を生成するには、4画素につき、1画素を間引けばよい。画像を縮小する比率としては、前述したように、ポリゴン計算部6によって求められた縦方向および横方向のテクスチャ解像度比を用いる。このようにして縮小されたミップマップ画像をポリゴンに貼り付ける。ポリゴンに貼り付けるテクスチャが、例えば縦8画素、横8画素のブロック単位で繰り返される場合には、必ずしも画像ブロックを合成する必要はない。この場合は、画像ブロックごとに縮小して、ポリゴンに貼り付ければよい。

【0042】ポリゴンレンダリング部9は、高速な処理が要求されるため、しばしば専用のハードウェアによって実現される。しかし、パイプライン処理が可能のようにプログラムされたマルチプロセッサシステムを用いることによって、プログラム論理でポリゴンレンダリングをおこなうことも可能である。

【0043】D/Aコンバータ10は、ポリゴンレンダリング部9によって得られた、デジタル化された画像データを受け取り、ディスプレイ表示のためのアナログ信号を発生する。D/Aコンバータ10は、典型的には、画像処理専用の集積回路が用いられる。

【0044】本実施例においては、空間周波数変換として離散コサイン変換を、逆空間周波数変換として逆離散コサイン変換を用いた。離散コサイン変換および逆離散コサイン変換は、種々の高速変換アルゴリズムを利用できるので、ミップマップ画像を高速に生成することができる。しかし、空間周波数変換および逆空間周波数変換の対であれば、他の変換方法を使うこともできる。例えば、離散フーリエ変換および逆離散フーリエ変換の対、あるいは、ウェーブレット変換および逆ウェーブレット変換の対を用いることができる。

【0045】本実施例では、離散コサイン変換部5において、離散コサイン変換された空間周波数画像データブロックは、圧縮されずにメインメモリ3に記憶される。しかし空間周波数画像データブロックをメインメモリ3に記憶する前に、空間周波数画像データブロックを可逆圧縮し、空間周波数データブロックを空間低域濾過器7に与える前にデータ伸長することもできる。この圧縮、伸長は、例えばCPU2によってソフトウェア的におこなうことができる。この場合、回路構成自体は、図1と変わらない。ここで可逆圧縮とは、データ圧縮の際に、画像情報が失われない圧縮をいう。データを圧縮するときに画像情報が失われると、データ伸長によって復元された画像の質は、劣化する。したがって本実施例においては、画質の劣化がない、可逆な圧縮を用いるほうが好ましい。

【0046】圧縮、伸長は、専用のDSP (digital signal processor) などのハードウェアによって実現することもできる。この場合は、例えば図4に示されるように、DCT部5とデータバス1との間にデータ圧縮部3

1を、データバス1と空間低域濾過器7との間にデータ伸長部32を設ければよい。こうすれば、データバス1で転送される空間周波数画像データブロックのデータサイズが小さくなる。その結果、データバス1の占有時間が減り、ハードウェア資産の有効利用が可能になる。またメインメモリにより多種類のテクスチャデータを蓄積することができるとともに、データアクセス時間の短縮によりミップマップ画像を高速に生成することができる。

【0047】図1および図5を参照して、本発明によるミップマップ画像生成方法を説明する。

【0048】ステップ11において、ポリゴン計算部6は、所定のポリゴンをレンダリングするというCPU2の命令を受け取る。

【0049】ステップ12において、ポリゴン計算部6は、ポリゴンの座標を3次元座標であるワールド座標から、2次元座標であるディスプレイ座標に変換する。この変換は、ワールド座標におけるポリゴンの各表面を規定する点の座標、ワールド座標における視点の座標および視角などのデータに基づいて計算される。

【0050】ステップ13において、前述した方法により「ポリゴンの大きさ」が計算される。ステップ14において、ポリゴンに貼り付けるテクスチャの原画像のデータが、記憶媒体から読み込まれて、DCT部5に入力される。例えば、テクスチャの原画像がCD-ROMに記憶されている場合は、図1のCD-ROMドライブ4からデータが読み込まれる。記憶媒体としては、CD-ROMに限られない。例えば、半導体メモリ、ハードディスクおよび光磁気ディスクなどでもよい。

【0051】ステップ15において、DCT部5は、入力されたテクスチャの原画像を画像ブロックに分割する。テクスチャの原画像は、縦M画素、横N画素で構成されている。典型的には、縦128画素、横128画素で構成されるが、これに限定されない。カラー画像のミップマップを生成するには、テクスチャの原画像は、好ましくは各々の画素について、R、G、B (赤、緑、青) のデータを有する。1画素のデータが、R、G、Bの各色に8ビットずつ有するときは、各色が256階調で表現され、結局、約1677万色の階調を表現できる。ステップ15では、入力されたテクスチャの原画像を、複数の縦n画素、横n画素の画像ブロックに分割している。本実施例においては、n=8であるが、nの値は、他の値、例えば16などであってもよい。画像ブロックの大きさは、離散コサイン変換および逆離散コサイン変換の変換効率の点から、縦および横いずれも8~16画素の範囲から選ばれることが好ましい。しかし画像ブロックの大きさは、これに限定されない。離散コサイン変換装置および逆離散コサイン変換装置の規模が大きければ (処理能力が高ければ)、より大きなサイズの画像ブロックを取り扱うことも可能である。また縦・横の画素数

が2のべき乗個の場合には、種々の高速変換アルゴリズムを利用することによって、ミップマップ画像を高速に生成することが可能となる。

【0052】ステップ16において、各画像ブロックは、離散コサイン変換が施される。その結果、各画像ブロックは、空間周波数領域における空間周波数画像データブロックに変換される。図6において、画像ブロック51は、原テクスチャ画像を例えば縦8画素、横8画素の単位で分割したデータの1単位をさす。図6の画像ブロックは、各画素に8ビットが割り当てられており、簡単のため単色の画像ブロックを想定している。したがって、各画素の数値は画素の明るさを256階調で表現している。図6の画像ブロックの横方向は、ディスプレイ上のx軸方向に、縦方向は、ディスプレイのy軸方向にそれぞれ一致している。

【0053】図7は、図6に示す画像ブロックに離散コサイン変換を施して得られた、空間周波数画像データブロック52を示す。この空間周波数画像データブロック52は、各画素は、符号も含めて10ビットの情報量を有する。行列の要素を表現するのと同様に、左上の要素を(1, 1)、右上の要素を(8, 1)、左下の要素を(1, 8)、右下の要素を(8, 8)で表現することに

$$F(u, v) = \frac{2}{N} C(u) C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \quad \text{【数2】}$$

【0057】
【数3】

$$C(w) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & (w=0) \\ 1 & (w=1, 2, \dots, N-1) \end{cases}$$

【0058】ここで、 $f(x, y)$ は、空間領域における2次元画像信号の大きさ、 u, v は、それぞれx軸方向およびy軸方向の空間周波数、 N は、画素数、 $F(u, v)$ は、空間周波数領域における周波数成分の強度をそれぞれ示し、 $N=8$ である。この離散コサイン変換および逆離散コサイン変換は、種々の高速な計算手法が提案されている。

【0059】ステップ17においては、ステップ13において計算されたディスプレイ上でのポリゴンの大きさに基づき、テクスチャの原画像をミップマップ画像に縮小するときの縮小率、すなわち前述のx軸方向およびy軸方向の解像度比を計算する。

【0060】ステップ18においては、テクスチャの画像から、不必要な高周波成分を除去することで、濾過された空間周波数画像データを生成する。具体的には、空間周波数画像データブロックのうち、空間周波数が高い成分の要素を0で置換する。図8は、縦方向の解像度比が1/2、横方向の解像度比が3/8のときの、濾過され

する。図7は、左から右に行くにしたがい、x軸方向の空間周波数 f_x が高くなり、上から下に行くにしたがい、y軸方向の空間周波数 f_y が高くなる。ここで、図6において市松模様(チェス盤の模様)が表現されるときに、x軸およびy軸の空間周波数が最大であり、この空間周波数を f_s で表す。図7の(1, 1)要素は、x軸方向の空間周波数が0から $f_s/8$ 、y軸方向の空間周波数が0から $f_s/8$ である成分の平均値である。

(2, 1)要素は、x軸方向の空間周波数が $f_s/8$ から $2f_s/8$ 、y軸方向の空間周波数が0から $f_s/8$ である成分の平均値である。同様に、(8, 1)要素は、x軸方向の空間周波数が $7f_s/8$ から f_s 、y軸方向の空間周波数が0から $f_s/8$ である成分の平均値である。(1, 8)要素は、x軸方向の空間周波数が0から $f_s/8$ 、y軸方向の空間周波数が $7f_s/8$ から f_s である成分の平均値である。

【0054】一般に2次元離散コサイン変換、および逆離散コサイン変換は、以下の数1から数3によって、計算される。

【0055】
【数1】

た空間周波数画像データ53を示す。縦方向の解像度比が1/2、すなわちテクスチャの大きさが縦方向には1/2に縮小されるので、必要とされる空間周波数の最大値(カットオフ周波数ともよばれる)は、 f_s の1/2である。同様に横方向の必要とされる空間周波数は、 $3f_s/8$ である。したがって、空間周波数画像データ53の(3, 1)要素、(1, 4)要素を通る楕円よりも高周波成分側の領域の要素を「0」で置換することにより、不必要な高周波成分が除去される。例えば、縦方向および横方向の解像度比が、ともに1/2の場合は、(4, 1)要素および(1, 4)要素を通る円の一部で囲まれる領域よりも高周波成分側の領域の要素を「0」で置き換える。しかし、「0」で置き換える領域を囲む線は、図9(a)に示す円の一部や、図9(b)に示す楕円の一部には限られず、図9(c)に示す直線であってもよい。

【0061】空間周波数画像データブロックの一部を「0」で置換する方法は、ソフトウェアによって実現できる。例えば、フィルタ関数として、図10(a)に示すカットオフ周波数以下の空間周波数において係数1、カットオフ周波数より高い空間周波数において係数0を有するステップ状の関数を定義する。このフィルタ関数と、各画素のデータとの積を、ソフトウェアによって求

めれば、カットオフ周波数より高い成分のデータを「0」で置換したのと同じ結果が得られる。また図10(b)に示すように、ステップ状の関数ではない、なだらかな「肩」をもつフィルタ関数であってもよい。

【0062】ステップ19においては、ステップ18で得られた濾過された空間周波数画像データブロックに、逆離散コサイン変換を施し、空間領域における濾過された画像ブロックを生成する。図11は、濾過された画像ブロック54を示す。

【0063】ステップ20においては、ステップ19で得られた濾過された画像ブロックを合成することによって、テクスチャの原画像と同じサイズの濾過された画像を生成する。その後、濾過された画像をステップ17で得られた解像度比に応じて縮小し、ミップマップ画像を得る。ステップ20では、さらにこのミップマップ画像をポリゴンに貼り付ける。

【0064】ステップ21においては、ステップ20で得られたデジタル化された画像を、ディスプレイが表示可能なアナログの信号に変換する。

【0065】上述のステップ16とステップ18との間に、データ圧縮ステップおよびデータ伸長ステップを有してもよい。つまり、ステップ16で得られた空間周波数画像データブロックを可逆圧縮し、ステップ18を実行するまでに圧縮されたデータを伸長することによって、もとの空間周波数画像データブロックを復元してもよい。これにより、空間周波数画像データブロックのデータサイズが小さくなる。その結果、データを転送するために用いられるデータバスの、画像データによる占有時間が減り、ハードウェア資産の有効利用が可能になる。また画像データを圧縮されたかたちで記憶することにより、必要な記憶容量が少なくて済み、その結果、多種類のテクスチャデータを蓄積することができる。また画像データのサイズが小さくなるので、処理装置においてデータアクセス時間が短縮され、ミップマップ画像を高速に生成することができる。

【0066】本実施例においては、空間周波数変換として離散コサイン変換を、逆空間周波数変換として逆離散コサイン変換を用いた。その結果、種々の高速アルゴリズムを利用することができ、ミップマップ画像を高速に生成することができる。しかし、空間周波数変換および逆空間周波数変換の対であれば、他の変換方法を使うこともできる。例えば、離散フーリエ変換および逆離散フーリエ変換の対、あるいは、ウェーブレット変換および逆ウェーブレット変換の対を用いることができる。

【0067】

【発明の効果】本発明によれば、原テクスチャ画像は、空間変換されて、空間周波数画像データになる。空間周波数画像データは、空間周波数領域において低域濾過される。濾過された空間周波数画像データは、逆空間変換された後、所定の大きさのミップマップ画像に縮小され

る。また原画像だけを記憶媒体に記憶しておけばよく、種々の大きさに変換されたミップマップ画像を記憶媒体に記憶しておく必要がない。このことにより、少なくとも次の効果が得られる。

【0068】(1)原テクスチャ画像を記憶するのに必要とされる記憶媒体の容量が小さくて済む。

【0069】(2)生成されたミップマップ画像に、折り返しノイズが生じないため、画質の劣化を防ぐことができる。

【0070】(3)縦横の比が異なるミップマップ画像でも、折り返しノイズが生じない。

【0071】また本発明によれば、原画像を空間周波数領域に空間変換したデータのかたちで保持し、必要な解像度の画像を、空間周波数領域での低域濾過および空間領域への逆変換により生成することができる。そのため多種類の解像度のミップマップ画像データを大量に持つことなく、任意の縦横の解像度比を有するミップマップ画像データを得ることができる。その結果、データを記憶するのに必要とされる記憶媒体の記憶容量が小さくて済む。

【0072】空間周波数領域への変換として、離散コサイン変換を用い、逆変換として逆離散コサイン変換を用いることにより、種々の高速アルゴリズムや、専用ハードウェアを用いることができ、高速にミップマップ画像データを得ることができる。さらに原画像を画像ブロックに分割する際に、縦・横の画素数を2のべき乗とすることにより、空間周波数領域への変換に高速アルゴリズムを用いることができる。その結果、ミップマップ画像の生成を高速におこなうことが可能となる。空間変換された画像データを蓄積する前に、画像データを可逆圧縮し、蓄積した画像データを取り出した後に、画像データを伸長することにより、CPUが取り扱うデータのサイズが小さくなり、その結果、処理の高速化が可能となる。またデータバスで授受する画像データのサイズが小さくなり、その結果、画像データがバスを占有する時間が短縮され、ミップマップ画像生成に要する時間が短縮される。また画像データを蓄積するための記憶装置の記憶容量が、小さくて済む。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるミップマップ画像生成装置を示す図である。

【図2】テクスチャの原画像と、分割された複数の画像ブロックとを示す図である。

【図3】(a)～(c)は、ポリゴン計算部でおこなう演算を説明する図である。

【図4】本発明の他の実施例によるミップマップ画像生成装置を示す図である。

【図5】本発明によるミップマップ画像生成方法を示す図である。

【図6】画像ブロックを示す図である。

【図7】空間周波数画像データブロックを示す図である。

【図8】濾過された空間周波数画像データブロックを示す図である。

【図9】(a)～(c)は、画像データブロックを「0」で置換する領域の範囲を示す図である。

【図10】(a)および(b)は、フィルタ関数を示す図である。

【図11】濾過された画像ブロックを示す図である。

【図12】従来のテクスチャマッピング画像生成装置の構成を示す図である。

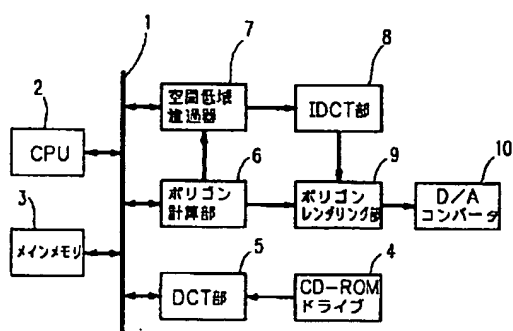
【図13】テクスチャ原画像とミップマップ画像とを示す図である。

す図である。

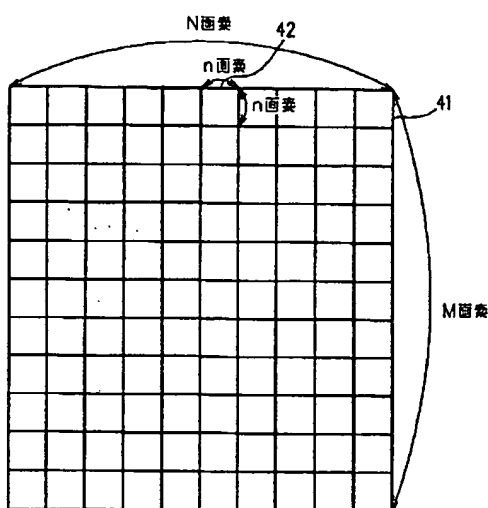
【符号の説明】

- 1 データバス
- 2 CPU
- 3 メインメモリ
- 4 CD-ROMドライブ
- 5 離散コサイン変換部
- 6 ポリゴン計算部
- 7 空間低域濾過器
- 8 逆離散コサイン変換部
- 9 ポリゴンレンダリング部
- 10 デジタル/アナログ変換器

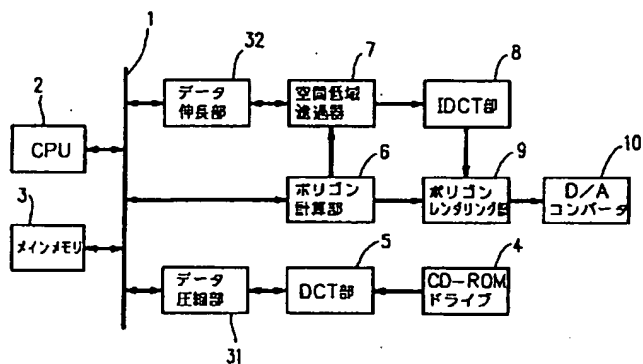
【図1】



【図2】



【図4】



【図6】

x軸 →

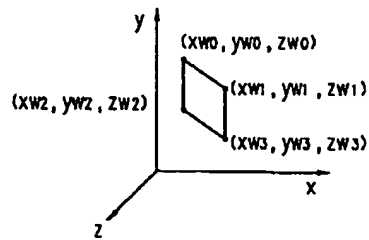
y軸 ↓

159	153	158	152	140	138	132	132
164	162	162	157	151	142	134	132
167	168	161	160	158	145	139	134
164	168	161	166	162	152	149	141
171	166	168	167	163	162	157	151
173	164	169	170	166	166	162	161
175	169	172	176	174	172	174	166
173	172	175	173	180	181	177	172

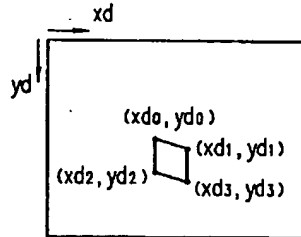
51

【図3】

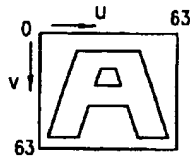
(a) ワールド座標



(b) ディスプレイ座標



(c) 原テクスチャ画像



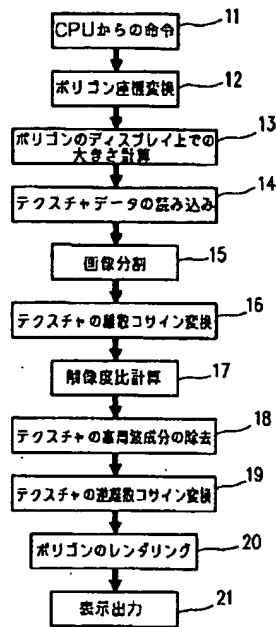
【図8】

DC成分

	fx →	260	49	-16	0	0	0	0	0	0
fy ↓		-79	36	0	0	0	0	0	0	0
		0	-8	0	0	0	0	0	0	0
		-8	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0

53

【図5】



【図7】

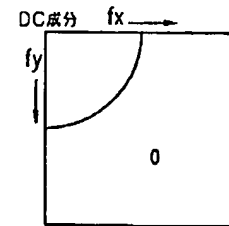
DC成分

	fx →	260	49	-16	5	2	4	0	1
fy ↓		-79	36	-2	-7	1	-3	-1	-2
		0	-8	3	-2	-2	1	5	1
		-8	-4	5	-4	1	7	6	-2
		-2	-6	-1	0	-4	-1	0	-1
		-3	-2	-1	-1	1	2	-5	-1
		-4	-1	1	0	0	-2	2	0
		1	1	1	1	-1	1	0	0

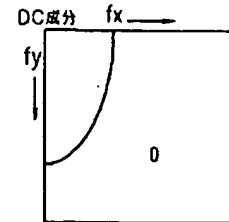
52

【図9】

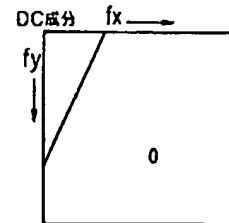
(a)



(b)

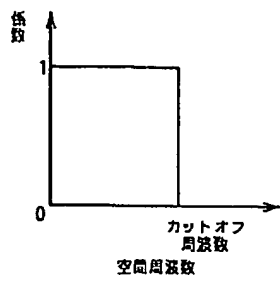


(c)



【図10】

(a)



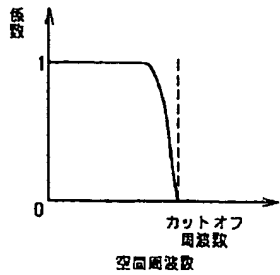
【図11】

54

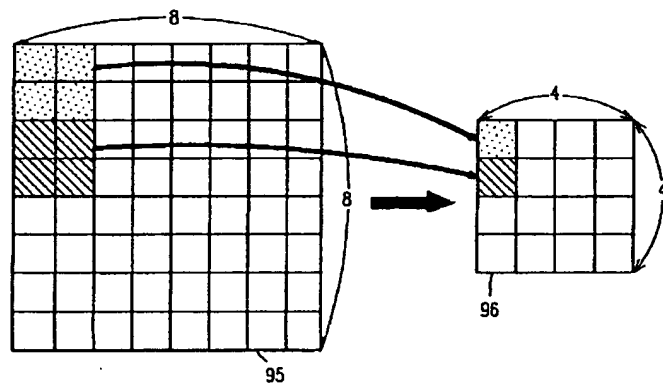
153	153	152	149	144	137	131	126
158	158	157	154	149	142	135	131
165	164	163	160	155	148	141	137
167	167	167	164	159	153	147	143
167	168	168	167	163	158	153	149
166	168	169	170	168	165	161	159
168	170	173	175	175	174	171	170
169	172	176	179	181	180	179	177

x軸 →
y軸 ↓

(b)



【図13】



【図12】

